

**PENERAPAN PERSAMAAN GEOTERMOMETER ( $\text{SiO}_2$ )<sub>p</sub>  
DI LAPANGAN PANAS BUMI SULI, AMBON**  
(Application of Geothermometry Equation ( $\text{SiO}_2$ )<sub>p</sub> in The Geothermal Field Suli, Ambon)

**HELDA ANDAYANY**

Staf Jurusan Fisika, FMIPA, Unpatti  
Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka-Ambon  
e-mail: [andayanyhelda2013@gmail.com](mailto:andayanyhelda2013@gmail.com)

**ABSTRACT**

Suli hot springs area has a low level of acidity or neutral pH ranges (7,2–7,7). It is also supported by a high chloride concentration value, which ranges (208,87-226,27) ppm. This shows that the area on station 1, 2, 3, and 4 are located in areas with water flow into the upper reservoir (upflow) and belongs to hot water domination reservoir tipe (water heated reservoir).

Reservoir temperature is calculated by the formula geothermometer ( $\text{SiO}_2$ )<sub>p</sub> considered whether applied in the four kinds geothermometer equation because it gives the calculation results are not much different temperature and has a value of rms-error is less than 2%. Reservoir temperature at a hot springs station Suli possible temperature ( $161 \pm 0,9$ )°C. Reservoir temperature at station 2 hot spring Suli possible hot water temperature ( $172 \pm 1,0$ )°C. Reservoir temperature at station 3 hot springs Suli possible temperature ( $171 \pm 0,9$ )°C. Reservoir temperature at station 4 hot springs Suli possible temperature ( $169 \pm 1,0$ )°C.

**Keywords:** *geothermometer equation, reservoir temperature, hot springs.*

**PENDAHULUAN**

Suli merupakan daerah prospek panas bumi yang terbentuk sebagai akibat aktivitas pergerakan sesar normal yang berarah Timur Laut – Barat Daya menuju Kecamatan Leihitu (Tjokrosapetro *et. al*, 1993). Daerah ini diduga sebagai media yang memunculkan manifestasi panas bumi, seperti banyaknya sumber air panas yang dijumpai di daerah ini. Suhu permukaan air panas tersebut berkisar antara (50,8 – 60,2)°C.

Pada dasarnya penelitian ini adalah membandingkan persamaan geothermometer empiris yang sudah ada dengan persamaan geothermometer baru yang berhasil dirumuskan dengan parameter pembanding kesalahan akar pukul rata kuadrat (*rms error*). Tujuan penelitian ini adalah estimasi suhu reservoir dengan metode geokimia berdasarkan analisis kandungan unsur  $\text{SiO}_2$  air panas yang diimplementasikan dalam persamaan geothermometer empiris ( $\text{SiO}_2$ )<sub>p</sub>. Penelitian ini juga membandingkan hasil pengukuran suhu, pH, dan konduktivitas listrik yang terukur di permukaan dengan suhu reservoir yang diestimasi.

**TINJAUAN PUSTAKA**

Proses “*boilling*” yang terjadi di reservoir akan membentuk fluida uap dengan suhu dan tekanan yang relatif tinggi, sehingga pada saat keluar melalui rekahan kemungkinan kontaminasi dengan air tanah, dan keluar berupa air panas. Tekanan yang ditimbulkan oleh fluida (air panas + uap) lebih besar dibanding tekanan udara luar menyebabkan fluida hidrotermal bawah permukaan yang terkontaminasi air tanah mempunyai suhu yang tinggi (> 188° C), sehingga terjadi pendidihan (densitas fluida mengecil) kemudian menerobos ke permukaan (*upflow*) berupa semburan fluida panas terutama di daerah mata air panas (Sulaeman, 2007).

Panas bumi di Indonesia umumnya merupakan jenis hidrotermal yang mempunyai suhu tinggi (>225°C), hanya beberapa diantaranya yang mempunyai suhu sedang (150-225°C).

Lapangan panas bumi Akesahu memiliki pH antara (7,4 – 7,9) yang sebagian besar bertipe air klorida dengan suhu di permukaan antara (43,9 – 45,1)°C dan di mata air panas dijumpai adanya endapan air panas atau sinter

berwarna keputih-putihan, oksida besi berwarna kecoklatan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem air panas yang muncul di daerah panas bumi Akeshu terletak pada zona “upflow” dan merupakan jenis reservoir dominasi air panas (“water heated reservoir”). Lazimnya gejala kenampakan panas bumi pada jenis reservoir dominasi air panas dicirikan oleh adanya sinter silika ( $\text{SiO}_2$ ) di daerah Akeshu. Hasil estimasi suhu reservoir di daerah Akeshu-Tidore memiliki kisaran suhu minimum antara  $(145-185)^\circ\text{C}$  menggunakan geotermometer  $\text{SiO}_2$  dan kisaran suhu antara  $(165-199)^\circ\text{C}$  menggunakan geotermometer Na-K.

Andayany (2011) mengatakan bahwa daerah mata air panas Talang Haha, Ambon merupakan jenis panas bumi dengan suhu tinggi berkisar antara  $(272 - 277)^\circ\text{C}$  sehingga berpotensi sebagai lapangan panas bumi.

## LANDASAN TEORI

Berdasarkan pada jenis fluida produksi dan jenis kandungan fluida utamanya, hidrotermal dibedakan menjadi dua jenis, yaitu satu fasa atau dua fasa. Dua fasa dapat merupakan dominasi air atau dominasi uap. Dominasi uap merupakan jenis panas bumi yang sangat jarang dijumpai dimana reservoir panas buminya mempunyai kandungan fasa uap yang lebih dominan dibandingkan dengan fasa airnya. Rekahan umumnya terisi oleh uap dan pori-pori batuan masih menyimpan air. Reservoir air panasnya umumnya terletak jauh di kedalaman di bawah reservoir dominasi uapnya.

Dominasi air merupakan jenis panas bumi yang umum terdapat di dunia dimana reservoirnya mempunyai kandungan air yang sangat dominan walaupun “boiling” sering terjadi pada bagian atas reservoir membentuk lapisan penudung uap yang mempunyai suhu dan tekanan tinggi.

Dibandingkan dengan suhu reservoir minyak, suhu reservoir panas bumi relatif sangat tinggi, bisa mencapai  $350^\circ\text{C}$ . Berdasarkan pada tingginya suhu, Hochstein (1990) dalam Saptadji (2009) membedakan jenis panas bumi menjadi tiga, yaitu:

1. Jenis panas bumi dengan suhu rendah, yaitu suatu jenis panas bumi yang reservoirnya mengandung fluida dengan suhu lebih kecil dari  $125^\circ\text{C}$ .
2. Jenis panas bumi dengan suhu sedang, yaitu suatu jenis panas bumi yang reservoirnya mengandung fluida dengan suhu antara  $125^\circ\text{C}$  dan  $225^\circ\text{C}$ .
3. Jenis panas bumi dengan suhu tinggi, yaitu suatu jenis panas bumi yang reservoirnya mengandung fluida dengan suhu diatas  $225^\circ\text{C}$ .

Sinter silika berasal dari fluida hidrotermal bersusunan alkalin dengan kandungan cukup silika, diendapkan ketika fluida yang jenuh, silika amorf mengalami pendinginan dari  $100^\circ\text{C}$  ke  $50^\circ\text{C}$ . Endapan ini dapat digunakan sebagai indikator yang baik bagi keberadaan reservoir bersuhu  $>175^\circ\text{C}$ .

Kelarutan berbagai jenis mineral silika merupakan fungsi terhadap suhu. Tekanan dan garam terlarut tidak memiliki efek yang signifikan terhadap kelarutan silika terutama quartz dan amorf di bawah temperatur  $300^\circ\text{C}$ . Kondisi ini memungkinkan penggunaan konsentrasi silika

dalam fluida panas bumi untuk digunakan sebagai geotermometer. Namun untuk menggunakan silika sebagai geotermometer harus diasumsikan dahulu jenis mineral silika yang mengontrol kelarutan silika, tidak ada *mixing* dengan air tanah, serta koreksi terhadap efek pendidihan (*boiling*) akibat penurunan tekanan atau *adiabatic cooling*. Geotermometer silika merupakan salah satu geotermometer tertua yang diaplikasikan dalam bidang panas bumi.

Mahon, Fournier and Rowe (Ellis and Mahon, 1977) menyatakan bahwa pada suhu tinggi larutan hidrotermal bersifat jenuh dengan kuarsa. Suhu reservoir yang diperkirakan dari pengukuran konsentrasi silika dengan suhu yang diukur secara langsung dengan metode fisika ternyata cocok untuk air panas bumi suhu tinggi ( $180-260)^\circ\text{C}$ .

Truesdell (Ellis and Mahon, 1977) menyatakan bahwa suhu reservoir dapat diperkirakan dari konsentrasi silika (*ppm*) dengan menganggap air jenuh dengan kuarsa, adiabatik, pendinginan isoentalpi. Rumus yang menyatakan hubungan konsentrasi silika dengan suhu adalah:

$$t (^{\circ}\text{C}) = \frac{1533,5}{5,768 - \log[\text{SiO}_2]} - 273,15 \quad (1)$$

dengan  $t$  = suhu reservoir terhitung ( $^{\circ}\text{C}$ );  $[\text{SiO}_2]$  = konsentrasi silika (*ppm*).

Geotermometer ( $\text{SiO}_2$ )<sub>p</sub> adalah geotermometer yang melibatkan unsur  $\text{SiO}_2$ . Indeks p menunjukkan geotermometer pada penelitian. Geotermometer tersebut ditulis dalam dua bentuk persamaan, yaitu:

$$t (^{\circ}\text{C}) = C_0(\log \text{SiO}_2)^{C_1} - 273,15 \quad (2)$$

## METODE PENELITIAN

Tahap pengambilan data primer di daerah Suli, antara lain: pengukuran suhu, pH, dan konduktivitas listrik yang terukur di permukaan yang dilakukan dengan monitoring selama 48 jam dengan interval waktu 1 jam di 4 stasion pengukuran mata air panas Suli. Selain itu, dilakukan pengambilan sampel air panas di masing-masing stasion pengukuran.

Sampel air panas yang diambil di daerah Suli, selanjutnya dianalisis. Hasil analisis berupa nilai konsentrasi silika ( $\text{SiO}_2$ ) digunakan untuk mengestimasi

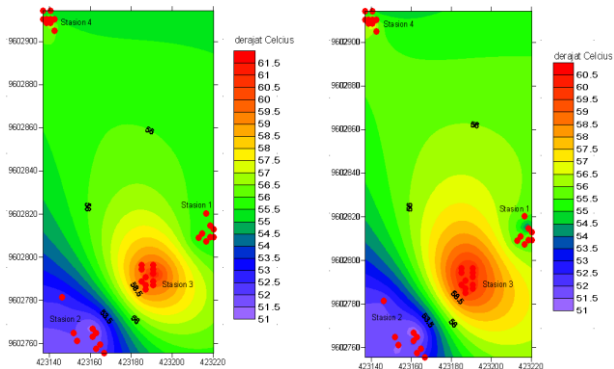
suhu reservoir Suli berdasarkan penerapan persamaan geotermometer ( $\text{SiO}_2$ )<sub>p</sub> yang berhasil dirumuskan, kemudian dibandingkan dengan data suhu (T-sumur bor) pada beberapa panas bumi di dunia dengan parameter pembandingan nilai kesalahan akar pukul rata kuadrat (*rms error*). Suhu yang dihitung menggunakan rumus-geotermometer dengan nilai *rms-error*  $< 2\%$  dimungkinkan sebagai suhu reservoir Suli

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu rata-rata di permukaan mata air panas Suli pada 4 stasion pengukuran berkisar antara  $(50,8 - 60,2)^\circ\text{C}$ . Rentang suhu yang terjadi mungkin akibat pengaruh

percampuran dengan air permukaan (air hujan) dan suhu udara sekitarnya.

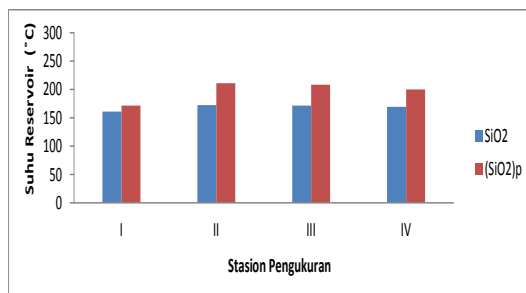
Kontur suhu permukaan air panas Suli pada Gambar 1 menunjukkan bahwa suhu rata-rata tertinggi pada hari pertama pengukuran, yaitu  $60,1^{\circ}\text{C}$  terukur pada stasion 3 mata air panas Suli. Tampilan kontur suhu pada hari kedua menunjukkan tampilan yang hampir sama dengan hari pertama, dengan suhu permukaan rata-rata tertinggi, yaitu  $60,0^{\circ}\text{C}$  terukur pada stasion 3 mata air panas Suli. Sedangkan suhu rata-rata terendah pengukuran, yaitu  $52,0^{\circ}\text{C}$  pada stasion 2 mata air panas Suli.



Gambar 1. Kontur suhu permukaan air panas Hatuasa (a) hari pertama; dan (b) hari kedua

Hubungan antara suhu, pH, dan konduktivitas listrik rata-rata yang terukur di permukaan air panas selama dua hari, yaitu semakin tinggi suhu permukaan air, maka semakin tinggi nilai konduktivitas yang terukur di permukaan air, sebaliknya pH yang terukur makin rendah.

Berdasarkan persamaan (1) dan (2), maka dapat dihitung suhu reservoir Suli seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

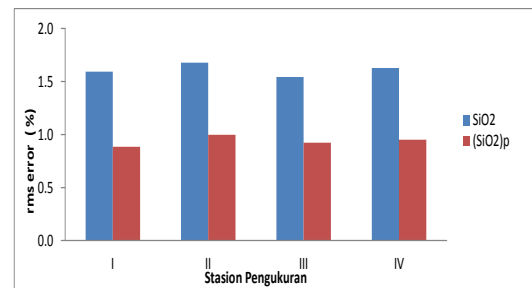


Gambar 2. Grafik perhitungan suhu reservoir suli yang dihitung dengan rumus geotermometer sio2 dan (sio2)p.

Dengan demikian, suhu reservoir Suli yang dihitung berdasarkan persamaan (1) dan (2) adalah  $(161 - 172)^{\circ}\text{C}$ .

Gambar 3 menunjukkan hasil perhitungan nilai rms error rumus geotermometer  $\text{SiO}_2$  dan  $(\text{SiO}_2)_p$ . Dengan demikian, suhu reservoir pada stasion 1 mata air panas Suli dimungkinkan bersuhu  $(161 \pm 0,9)^{\circ}\text{C}$ . Suhu reservoir pada stasion 2 mata air panas Suli dimungkinkan bersuhu  $(172 \pm 1,0)^{\circ}\text{C}$ . Suhu reservoir pada stasion 3 mata air panas Suli bersuhu  $(171 \pm 0,9)^{\circ}\text{C}$ . Suhu reservoir pada stasion 4 mata air panas Suli bersuhu  $(169 \pm 1,0)^{\circ}\text{C}$ .

Rentang suhu mungkin disebabkan adanya sirkulasi air panas di dalam reservoir Suli.



Gambar 3. Hasil perhitungan nilai rms error rumus geotermometer  $\text{SiO}_2$  dan  $(\text{SiO}_2)_p$ .

## KESIMPULAN

Pada mata air panas Hatuasa, semakin tinggi suhu permukaan air, maka semakin besar nilai konduktivitas listrik yang terukur di permukaan air, sebaliknya pH yang terukur makin kecil.

Penerapan persamaan geotermometer  $(\text{SiO}_2)_p$  mengestimasi suhu reservoir pada stasion 1 mata air panas Suli dimungkinkan bersuhu  $(161 \pm 0,9)^{\circ}\text{C}$ . Suhu reservoir pada stasion 2 mata air panas Suli dimungkinkan bersuhu  $(172 \pm 1,0)^{\circ}\text{C}$ . Suhu reservoir pada stasion 3 mata air panas Suli bersuhu  $(171 \pm 0,9)^{\circ}\text{C}$ . Suhu reservoir pada stasion 4 mata air panas Suli bersuhu  $(169 \pm 1,0)^{\circ}\text{C}$ .

Dengan menggunakan persamaan geotermometer  $(\text{SiO}_2)_p$ , sistem panas bumi Suli adalah jenis panas bumi dengan suhu sedang, yaitu suhu antara  $(161 - 172)^{\circ}\text{C}$  sehingga berpotensi sebagai lapangan panas bumi.

Perlu digunakan geotermometer-geotermometer lain sebagai pembanding geotermometer  $(\text{SiO}_2)_p$ , misalnya geotermometer gas-gas panas bumi dan geotermometer mineral ubahan batuan.

Perlu adanya penyelidikan lanjutan di daerah Suli sebagai daerah prospek panas bumi, misalnya eksplorasi lanjut (*pre feasibility study*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Andayany, H. 2011. Estimasi Suhu Reservoir Sumber Mata Air Panas Hatuasa Ambon Dengan Metode Geokimia Berdasarkan Pengembangan Persamaan Geotermometer Empiris. Tesis. Program Studi S2 Ilmu Fisika, UGM, Yogyakarta, tidak diterbitkan.
- Ellis, A.J. and Mahon, W.A.J., 1977, *Geochemistry and Geothermal System*, Academic Press, New York, N.Y., 392 pp.
- Fournier, R.O. and Truesdell, A.H., 1973, *An Empirical Na-K-Ca Geothermometer of Natural Water*, *Geochim, Cosmochim. Acta*, 43: 1235-1275.
- Marini, L. and Susangkyono, A.E., 1999, *Fluid Geochemistry of Ambon Island (Indonesia)*, *Geothermics*, Vol. 28: 184-204.
- Saptadji, N., 2009, *Energi Panas Bumi di Indonesia*, ITB, Bandung.

- Sulaeman, B., Asngari dan Nuryasin, 2007, Penyelidikan Geokimia Panas Bumi Daerah Akeshu-Tidore, Maluku Utara, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.
- Tjokrosapetro, S., E. Rusmana dan Suharsono, 1993, Laporan Geologi Lembar Ambon, Maluku, PPPG, Bandung. 32 h + peta geologi skala 1:250.000.